

Atributos físicos do solo sob diferentes fitofisionomias na sub-região da Nhecolândia, Pantanal Sul-Mato-Grossense



Foto:Luiz A Pellegrin

*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Centro de Pesquisa Agropecuária do Pantanal
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 99

Atributos físicos do solo sob diferentes fitofisionomias na sub-região da Nhecolândia, Pantanal Sul-Mato-Grossense

Evaldo Luis Cardoso
Sandra Aparecida Santos
Marx Leandro Naves Silva
Mozart Martins Ferreira
Diego Antonio França de Freitas

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Pantanal

Rua 21 de Setembro, 1880, CEP 79320-900, Corumbá, MS

Caixa Postal 109

Fone: (67) 3234-5800

Fax: (67) 3234-5815

Home page: www.cpap.embrapa.br

E-mail: sac@cpap.embrapa.br

Comitê de Publicações:

Presidente: *Aiesca Oliveira Pellegrin*

Secretário-Executivo: *Suzana Maria de Salis*

Membros: *Débora Fernandes Calheiros*

Marçal Henrique Amici Jorge

José Aníbal Comastri Filho

Secretária: *Regina Célia Rachel*

Supervisora editorial: *Suzana Maria de Salis*

Normalização bibliográfica: *Viviane de Oliveira Solano*

Tratamento de ilustrações: *Regina Célia Rachel*

Foto da capa: *Luiz Alberto Pellegrin*

Editoração eletrônica: *Eliane Mary P. Arruda*

Disponibilização na home page: *Luiz Edevaldo Macena de Britto*

1ª edição

1ª impressão (2010): formato digital

Todos os direitos reservados.

A reprodução não-autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Embrapa Pantanal

Atributos físicos do solo sob diferentes fitofisionomias na sub-região da Nhecolândia, Pantanal Sul-Mato-Grossense. [recurso eletrônico] / Evaldo Luis Cardoso...[et al]. – Dados eletrônicos – . Corumbá: Embrapa Pantanal, 2010.

13 p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento / Embrapa Pantanal, ISSN 1981-7215; 99).

Sistema requerido: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: <http://www.cpap.embrapa.br/publicacoes/download.php?arq_pdf=BP99>

Título da página da Web (acesso em 31 dez. 2010).

1. Deteriorização do solo. 2. Análise do solo 3. Vegetação. I. Cardoso, Evaldo Luis II. Santos, Sandra Aparecida III. Silva, Marx Leandro Naves IV. Ferreira, Mozart Martins V. Freitas, Diego Antonio França de VI. Título. VII. Embrapa Pantanal. VIII. Série.

CDD 631.4 (21. ed.)

© Embrapa 2010

Sumário

Resumo	5
Abstract.....	6
Introdução.....	7
Material e Métodos.....	7
Resultados e Discussão	9
Conclusões.....	11
Referências	12

Atributos físicos do solo sob diferentes fitofisionomias na sub-região da Nhecolândia, Pantanal Sul-Mato-Grossense

Evaldo Luis Cardoso¹

Sandra Aparecida Santos²

Marx Leandro Naves Silva³

Mozart Martins Ferreira³

Diego Antonio França de Freitas⁴

Resumo

O presente estudo objetivou avaliar os atributos físicos do solo sob diferentes fitofisionomias na sub-região da Nhecolândia, Pantanal Sul-Mato-Grossense. Amostras de solo com estrutura indeformada foram coletadas nas profundidades de 0-10 e 10-20 cm, em sete fitofisionomias sujeitas a diferentes regimes de inundação: a) livres de inundação - floresta semidecídua e cerrado; b) sujeitas a inundação ocasional – cerrado/campo cerrado e campo limpo com predominância de *Elionurus muticus*; c) sujeita a inundação sazonal - campo limpo com predominância de *Axonopus purpusii* e *Andropogon* spp.; bordas de baías e “vazantes”/“baixadas”. A maior pressão de pastejo nas fitofisionomias sujeitas à inundação ocasional e sazonal determinou leve tendência a maior degradação de alguns atributos físicos do solo, contudo a densidade do solo, porosidade total, macroporosidade, microporosidade, condutividade hidráulica do solo saturado e resistência do solo à penetração não atingiram valores considerados limitantes ao desenvolvimento do sistema radicular.

Termos de indexação: Vegetação nativa, degradação do solo, uso do solo.

¹ Engenheiro Agrônomo, Dr., Embrapa Pantanal, Caixa Postal 109, 79320-900, Corumbá, MS. evaldo@cpap.embrapa.br

² Zootecnista, Dra, Embrapa Pantanal, Caixa Postal 109, 79320-900, Corumbá, MS. sasantos@cpap.embrapa.br

³ Engenheiro Agrônomo, Dr., Departamento de Ciência do Solo da Universidade Federal de Lavras (UFLA), Caixa Postal 3037, 37200-000, Lavras, MG. marx@dcs.ufla.br, mozartmf@dcs.ufla.br

⁴ Doutorando do Programa de Pós-graduação em Ciência do Solo da Universidade Federal de Lavras (UFLA), Caixa Postal 3037, 37200-000, Lavras, MG. diego_ufla@yahoo.com.br

Soil physical attributes under different vegetation types in the Nhecolândia sub-region, South Pantanal

Abstract

*The present study aimed to evaluate physical attributes of soil under different vegetation types in the sub-region Nhecolândia, Pantanal of Mato Grosso do Sul. Indisturbed soil samples were collected at 0-10 and 10-20 cm depths, in the seven different vegetation types subject to different flooding regime: a) flooding free – semideciduous forest and forested savannah; b) subject to occasional flooding – savannah/arboreal savannah and tropical grassland with predominance of *Elionurus muticus*; c) subject to seasonal flooding - tropical grassland with predominance of *Axonopus purpusii* and *Andropogon* spp.; edge of ponds and temporary channels and lowlands. The higher graze pressure in the vegetation types subject to occasional and seasonal flooding influenced a higher degradation of some soil physical attributes, however the soil bulk density, total porosity, macroporosity, microporosity, hydraulic conductivity of saturated soil and soil penetration resistance did not reach values considered limiting to root system development.*

Index terms: native vegetation, soil degradation, soil use

Introdução

A sub-região da Nhecolândia, localizada na porção centro-meridional do Pantanal, com aproximadamente 26 mil km², destaca-se das demais por sua paisagem composta por formações vegetais de aspectos diversos, que compreendem campos inundáveis, cerrados, cerradões e florestas, entremeadas a um complexo sistema de lagoas permanentes ou semipermanentes, localmente denominadas “baías” (água doce) e “salinas” (água salobra). No aspecto do meso-relevo apresenta pequenos desníveis que, em interação com a distribuição da vegetação, resultam em três unidades fitogeomorfológicas principais: “cordilheira”, campo ou “largo” e a forma deprimida de terreno (POTT, 1988).

As cordilheiras são cordões arenosos com cota de, aproximadamente, um a quatro metros superiores às depressões, geralmente livres de inundação e caracterizam-se pela predominância de vegetação arbórea (COMASTRI FILHO, 1984; POTT, 1988). O campo ou “largo” é a zona transicional entre o cerrado e o campo limpo, está sujeito à inundação periódica, sendo dominado por árvores menores e mais esparsas, associadas a estrato herbáceo (COMASTRI FILHO, 1984). A forma deprimida de terreno apresenta-se com três subtipos: lagoa (ou “baía”, permanente ou temporária), “vazante” (quando a via de drenagem não é seccionada formando lagoas), a “salina” que é de água salobra, sem ligação com outras águas (POTT, 1988).

Com exceção das cordilheiras, cujos solos somente estão saturados por água em profundidade, as demais unidades geomórficas estão sujeitas a alagamentos temporários. Entretanto, em algumas fitofisionomias, como o caronal (campo com predominância de capim carona – *Elionurus muticus*) e o campo cerrado, a inundação é somente ocasional e de curta duração. Acompanhando a suave ascensão das cotas, desde as áreas submersas das baías ao topo das cordilheiras, nota-se um adensamento e crescimento do porte da vegetação, ou seja, da fisionomia de campo limpo muda para campo sujo, campo cerrado, cerrado, cerradão, até a floresta e, nesse sentido, tende a aumentar o teor de nutrientes no solo (CARVALHO FILHO et al., 2000).

Apesar do notável nivelamento e da ausência de desníveis topográficos consideráveis, a sub-região da Nhecolândia apresenta certa heterogeneidade geomórfica interna (SILVA, 1986), que é responsável pelas variações na cobertura vegetal e nos solos. A dinâmica da água nos solos está intimamente relacionada com as diferenças topográficas, que condicionam a duração do alagamento e os níveis específicos do lençol freático em cada unidade de paisagem, com influência marcante no aspecto da vegetação. Os limites máximos desse contraste estão definidos por planícies de inundação com fisionomia de campo limpo e cordilheiras sob floresta.

Nesse ambiente marcado por grande diversidade ambiental e tendo as pastagens nativas como a base da alimentação dos herbívoros, a pecuária de corte, conduzida em sistemas extensivos de criação e com baixos índices zootécnicos, tem sido a principal atividade econômica. Contudo, a sustentabilidade desse modelo de exploração tem sido comprometida pela crescente necessidade de aumentar os índices de produtividade. O manejo sustentável dos recursos naturais de sistemas complexos como o Pantanal, e ainda pouco investigado, deve ter como premissas imprescindíveis à compreensão de processos ecológicos responsáveis pela sua produtividade e biodiversidade (RESENDE, 2008).

Assim, visando contribuir para uma melhor caracterização dos ecossistemas do Pantanal e subsidiar estratégias de manejo sustentáveis, este trabalho teve por objetivo avaliar os atributos físicos do solo sob diferentes fitofisionomias na sub-região da Nhecolândia, Pantanal Sul-Mato-Grossense.

Material e métodos

O trabalho foi conduzido na fazenda Nhumirim, área experimental da Embrapa Pantanal, cuja paisagem é bastante representativa da parte mais alta da sub-região da Nhecolândia. A área de estudo está sujeita a inundações de menores intensidades que outras áreas da Nhecolândia e são predominantemente, de origem pluvial, com pequena influência de inundação fluvial apenas na sua parte norte.

Foram avaliadas sete diferentes fitofisionomias, localizadas entre as latitudes 18°59'06" e 19°00'06" Sul e longitudes 56°39'40" e 56°40'40" Oeste (Figura 1), delimitadas e caracterizadas por Santos (2001), as quais apresentam regime de inundação distinto: a) nas áreas mais altas e livres de inundação – a floresta semidecídua (FS), caracterizada pela predominância de *Attalea phalerata* no seu interior e uma diversidade de espécies nas bordas, com destaque para

Arrabidaea sp., *Cecropia pachystachya* e *Smilax fluminensis*; e o cerradão (CE), vegetação xeromorfa sobre cordões arenosos, cuja composição florística é bastante heterogênea, destacando-se *Magonia pubescens*, *Tabebuia impetiginosa*, *Anadenanthera colubrina*, *Astronium fraxinifolium*, *Sterculia apelata* e *Attalea phalerata*; b) nas áreas de cotas intermediárias e sujeitas à inundação ocasional, somente em grandes cheias - o cerrado/campo cerrado (CC), cujo estrato herbáceo, dominado principalmente por *Mesosetum chaseae*, encontra-se sob plantas lenhosas esparsas, como *Byrsonima orbignyana*, *Curatella americana* e *Annona dioica*; e o campo limpo com predominância de *Elionurus muticus* (CLE); c) nas áreas mais baixas e sujeitas a inundação sazonal - o campo limpo com predominância de *Axonopus purpusii* e *Andropogon* spp. (CLA), situado na paisagem em posição um pouco mais rebaixada que o CLE; as bordas de baías permanentes (BB), caracterizadas pela predominância de *Hymenachne amplexicaulis*, *Leersia hexandra*, *Panicum laxum* e ciperáceas; e as “vazantes”/“baixadas” (VB), em que as “vazantes” são vias de drenagem não seccionadas e as “baixadas” pequenos desníveis do relevo, marcadas pela predominância de gramíneas hidrófilas como *Panicum laxum*, *Setaria geniculata* e ciperáceas.

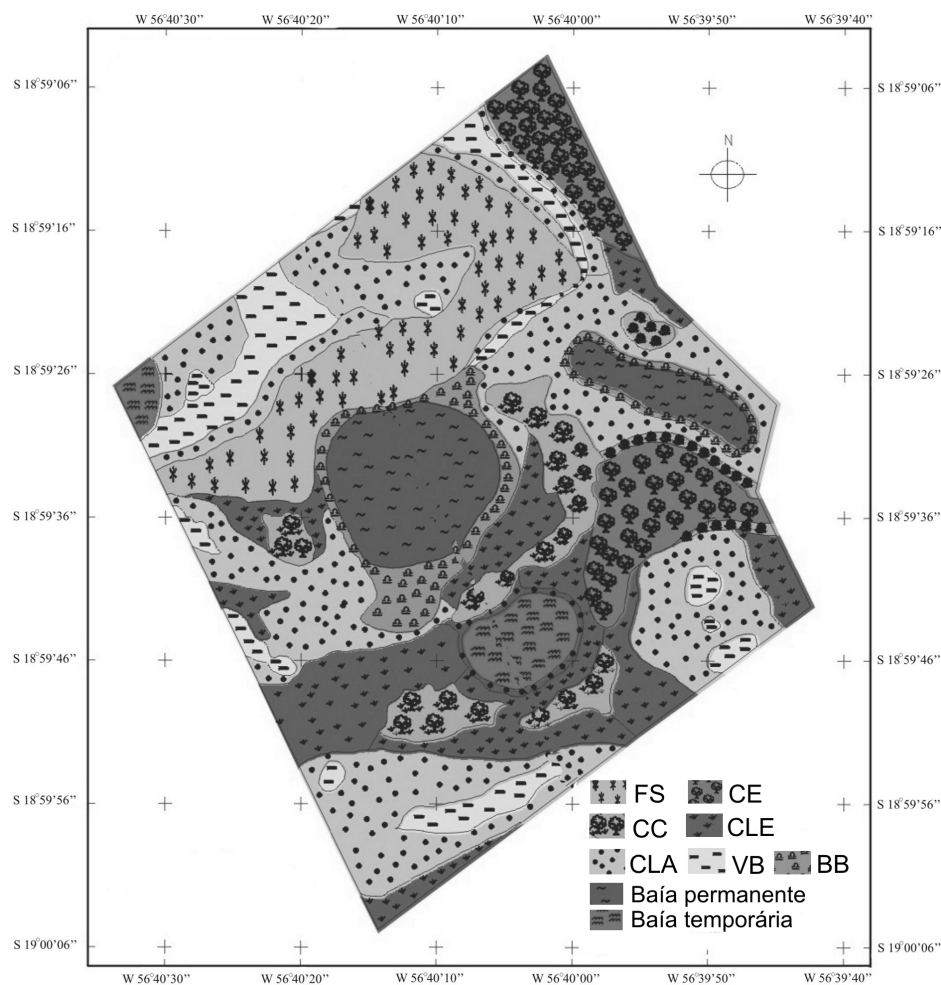


Figura 1. Delimitação das diferentes fitofisionomias na sub-região da Nhecolândia, Pantanal Sul-Mato-Grossense (FS – floresta semidecídua; CE - cerradão; CC – cerrado/campo cerrado; CLE - campo limpo com predominância de *Elionurus muticus*; CLA: campo limpo com predominância de *Axonopus purpusii* e *Andropogon* spp.; BB - borda de baías; VB – “vazantes”/ “baixadas”). Fonte: SANTOS (2001).

O solo das fitofisionomias foi classificado como Neossolo Quartzarênico (SANTOS et al., 2006), enquadrado na classe textural areia, e com caráter hidromórfico nas fitofisionomias CLA, BB e VB.

Amostras de solo com estrutura indeformada foram coletadas aleatoriamente na parte central de cada fitofisionomia, nas profundidades de 0-10 e 10-20 cm, com três repetições. Em laboratório foram determinadas: a densidade do solo (BLAKE; HARTGE, 1986); a porosidade total, macroporosidade e microporosidade obtidas pela mesa de tensão; e a condutividade hidráulica do solo saturado, conforme método descrito por Claessen (1997). A resistência do solo à penetração foi determinada no campo utilizando-se o penetrômetro de impacto (modelo IAA/Planalsucar-Stolf), segundo Stolf et al. (1983), com dez repetições em cada fitofisionomia, cujos resultados foram calculados de acordo com Stolf (1991), a partir da fórmula:

$$RP \text{ (kgf cm}^{-2}\text{)} = 5,6 + 6,89 N(\text{impacto dm}^{-1}\text{)}.$$

Para a conversão de kgf cm⁻² para MPa, multiplicou-se o resultado obtido na equação pela constante 0,0981.

A avaliação dos resultados obtidos foi realizada por meio da análise de variância, conforme os procedimentos do SISVAR (FERREIRA, 2000), adotando-se o delineamento experimental inteiramente casualizado, com três repetições. As comparações múltiplas de médias foram realizadas pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Resultados e discussão

Os maiores valores de densidade do solo foram observados nas áreas sujeitas à inundação ocasional e sazonal, representadas, respectivamente, pelas unidades CC e CLE e CLA, BB e VB, cujo maior valor ($1,70 \text{ kg dm}^{-3}$) ocorreu no CC; enquanto as unidades FS e CE apresentaram os menores valores (Tabela 1). Esses resultados podem ser atribuídos à pressão mecânica sobre o solo, exercida pelo pisoteio dos animais, uma vez que as áreas sujeitas à inundação sazonal caracterizam-se por possuírem as pastagens de melhor qualidade e, logo após a inundação, são preferidas pelos bovinos para o pastejo. Da mesma forma, as unidades CC e CLE, por estarem sujeitas à inundação ocasional, são pastejadas o ano todo. Por sua vez, as unidades de paisagem FS e CE, caracterizadas basicamente por vegetação arbórea, raramente são utilizadas para pastejo, constituindo-se, basicamente, em opções de refúgio para os animais durante o período de cheia.

De acordo com Cavenage et al. (1999), para ambientes de floresta nativa, menores valores de densidade do solo refletem a condição estrutural original do solo e onde os resíduos vegetais se encontram em maior quantidade, aliados à diminuição do teor de matéria orgânica em profundidade. A maior densidade do solo, observada nas fitofisionomias mais intensamente submetidas ao pastejo e marcadas pela inundação sazonal, notadamente na camada superficial, em comparação com a mata nativa, pode também estar associada à maior predisposição aos ciclos de umedecimento e secagem do solo (OLIVEIRA et al., 1996), que promovem um reajamento das partículas do solo.

Embora os valores de densidade do solo tenham sido relativamente altos, estão dentro da faixa classificada por Reichardt (1985) para solos arenosos, além disso, os mesmos encontram-se abaixo do valor restritivo ao desenvolvimento do sistema radicular, o qual, segundo Arshad et al. (1996), a faixa de $1,70\text{-}1,75 \text{ kg dm}^{-3}$ seria o mínimo acima do qual haveria restrição.

A porosidade total do solo variou de $0,32$ a $0,43 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$, sendo observados os maiores valores nas unidades livres de inundações, representadas pela FS e CE (Tabela 1). Em relação à distribuição de poros por tamanho, para a microporosidade não foi constatada diferença significativa entre as fitofisionomias, porém, para a macroporosidade, o comportamento foi semelhante ao da porosidade total, ou seja, maiores valores nas unidades livres de inundações. Segundo Baver et al. (1972), o volume de macroporos é expressivamente diminuído quando aumenta o adensamento causado pela pressão exercida sobre o solo, refletindo num aumento menos acentuado do volume de microporos e numa diminuição também pouco expressiva do volume total de poros. Assim, em termos de porosidade, os macroporos são os primeiros, e mais intensamente, afetados pela pressão mecânica exercida sobre o solo (BERTOL et al., 1998).

Segundo Kiehl (1979), a porosidade total de um solo ideal para o desenvolvimento das plantas deve ser de $0,50 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$, sendo a distribuição de poros por tamanho representada por $1/3$ de macroporos e $2/3$ de microporos. Ainda, conforme Taylor e Ashcroft (1972), valores de macroporos superiores a $0,10 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ são necessários para permitir as trocas gasosas e o crescimento das raízes da maioria das culturas. Nota-se nos resultados, que a porosidade total, em todas as fitofisionomias, encontra-se abaixo do valor ideal, no entanto a macroporosidade apresenta valores superiores a $0,10 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$, sugerindo condições satisfatórias ao desenvolvimento das plantas.

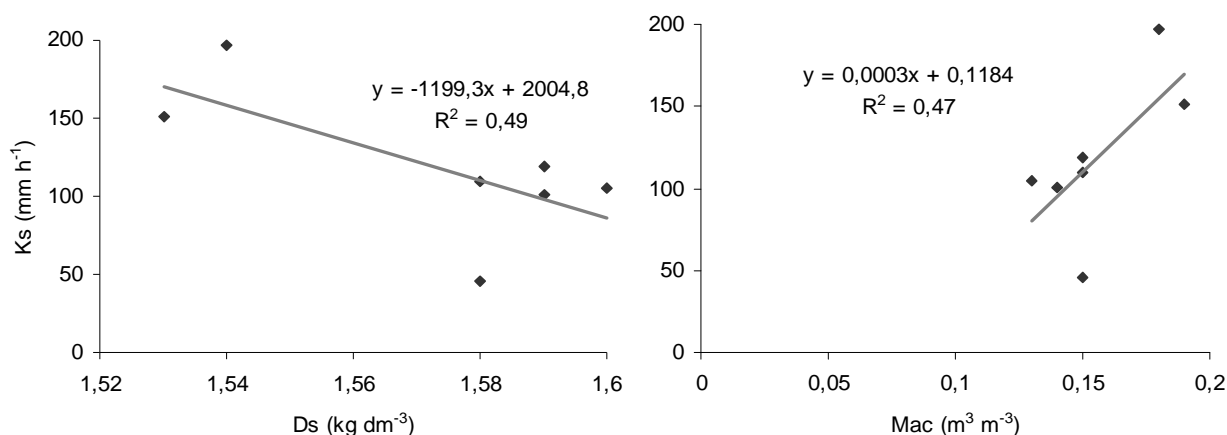
As fitofisionomias livres de inundações (FS e CE), nas quais o solo apresentou melhor qualidade em relação à densidade, porosidade total e macroporosidade, também foram superiores em relação à condutividade hidráulica do solo saturado, notadamente na camada de $0\text{-}10 \text{ cm}$, denotando uma condição mais favorável à maior eficiência na redistribuição de água no perfil. A condutividade hidráulica do solo saturado é uma função do arranjo poroso que, por sua vez, está relacionado com a densidade do solo e varia diretamente com o conteúdo de macroporos (FERREIRA; DIAS JÚNIOR, 2001). Contudo, foi constatada baixa correlação entre a condutividade hidráulica com a densidade do solo e a macroporosidade (Figura 2), podendo ser atribuída à alta variabilidade inerente à mesma, aliada à variabilidade das profundidades do solo, visto que o ajuste foi em relação aos valores médios das profundidades amostradas.

Tabela 1. Atributos físicos do solo sob diferentes fitofisionomias na sub-região da Nhecolândia, Pantanal Sul-Mato-Grossense.

Profundidade e (cm)	Cobertura Vegetal						
	FS	CE	CC	CLE	CLA	BB	VB
Densidade do solo (kg dm^{-3})							
0-10	1,54 Ba	1,60 ABa	1,70 Aa	1,59 ABa	1,59 ABa	1,59 ABa	1,59 ABa
10-20	1,49 Ba	1,52 ABa	1,67 Aa	1,57 ABa	1,59 ABa	1,58 ABa	1,56 ABa
Porosidade total ($\text{m}^3 \text{m}^{-3}$)							
0-10	0,41 Aa	0,39 ABa	0,32 Ba	0,38 ABa	0,37 ABa	0,38 ABa	0,37 ABa
10-20	0,43 Aa	0,39 ABa	0,35 Ba	0,38 ABa	0,38 ABa	0,38 ABa	0,38 ABa
Microporosidade ($\text{m}^3 \text{m}^{-3}$)							
0-10	0,22 Aa	0,20 Aa	0,21 Aa	0,26 Aa	0,26 Aa	0,26 Aa	0,27 Aa
10-20	0,24 Aa	0,19 Aa	0,19 Aa	0,23 Aa	0,23 Aa	0,30 Aa	0,24 Aa
Macroporosidade ($\text{m}^3 \text{m}^{-3}$)							
0-10	0,19 Aa	0,19 Aa	0,11 Ba	0,12 Ba	0,12 Ba	0,16 Ba	0,11 Ba
10-20	0,18 Aa	0,18 Aa	0,16 Aa	0,15 Aa	0,15 Aa	0,13 Ba	0,14 Ba
Condutividade hidráulica do solo saturado (mm h^{-1})							
0-10	156 Aa	172 Aa	107 Ba	75 Ba	95 Ba	35 Ba	87 Ba
10-20	147 Aa	221 Aa	133 Aa	143 Aa	113 Aa	56 Ba	150 Aa

FS: floresta semidecídua; CE: cerradão; CC: cerrado/campo cerrado; CLE: campo limpo com predominância de *Elionurus muticus*; CLA: campo limpo com predominância de *Axonopus purpusii* e *Andropogon* spp.; BB: bordas de baías; VB: “vazantes”/“baixadas”. Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Segundo Maciel Netto et al. (2000), os valores finais de condutividade hidráulica experimentais são afetados pelos erros inerentes à determinação das densidades de fluxos e dos gradientes de potencial. Conforme o método empregado para a determinação da condutividade hidráulica, um erro de $\pm 50\%$ sobre o gradiente de potencial provoca um valor de condutividade hidráulica final multiplicado ou dividido por dois. Embora as fitofisionomias tenham diferido quanto à condutividade hidráulica, todos os valores observados são classificados, segundo Soil Survey Staff (1993), como permeabilidade moderada.

**Figura 2.** Condutividade hidráulica do solo saturado (K_s) em função da densidade do solo (D_s) e macroporosidade (Mac), em diferentes fitofisionomias na sub-região da Nhecolândia, Pantanal Sul-Mato-Grossense.

A avaliação da resistência do solo à penetração também variou significativamente entre as fitofisionomias e profundidades amostradas, sendo os maiores valores observados nas áreas sujeitas à inundações ocasionais e sazonais (Figura 3). Contudo, embora tenha apresentado variações significativas, a resistência do solo à penetração pode ser classificada em todas as fitofisionomias como baixa a moderada, segundo classes de resistência do Soil Survey Staff (1993).

Para Grant e Lanford (1993) o crescimento radicular de culturas anuais sofre restrição em valores de resistência à penetração acima de 1,5 a 3,0 MPa; já para Arshad et al. (1996), acima de 2,0 MPa. Portanto, a resistência do solo à penetração constatada em todas as fitofisionomias encontra-se abaixo de valores considerados críticos.

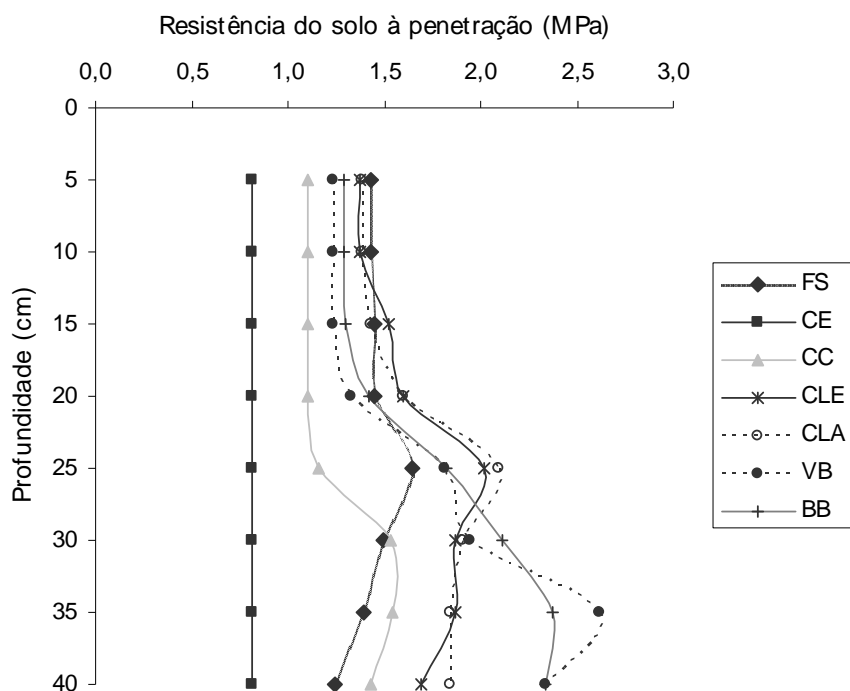


Figura 3. Resistência do solo à penetração em diferentes fitofisionomias na sub-região da Nhecolândia, Pantanal Sul-Mato-Grossense.

Conclusões

Embora os atributos físicos do solo tenham variado entre as diferentes fitofisionomias, com indicação de leve tendência à degradação nas áreas mais utilizadas para o pastejo (cerrado/campo cerrado, campo limpo com predominância de *Elionurus muticus* e ou *Axonopus purpusii*, bordas de baías, vazantes/baixadas), ainda assim não foram constatados valores considerados restritivos ao desenvolvimento do sistema radicular das plantas.

Agradecimentos

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, pelo financiamento parcial desse trabalho.

Referências

- ARSHAD, M.A.; LOWERY, B.; GROSSMAN, B. Physical tests for monitoring soil quality. In: DORAN, J. W.; JONES, A. J. (Ed.). **Methods for assessing soil quality**. Madison: Soil Science Society of America, 1996. p.123-141. (SSSA Special Publication, 49).
- BAVER, L.D.; GARDNER, W.H.; GARDNER, W.R. Soil structure: evaluation and agricultural significance. In: _____. **Soil physics**. 4. ed. New York: J. Wiley, 1972. p.178-223.
- BERTOL, I.; GOMES, K.E.; DENARDIN, R.B.N.; MACHADO, L.A.Z.; MARASCHIN, G.E. Propriedades físicas do solo relacionadas a diferentes níveis de oferta de forragem numa pastagem natural. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.33, n.5, p.779-786, maio, 1998.
- BLAKE, G.R.; HARTGE, K.H. Bulk density. In: KLUTE, A. (Ed.). **Methods of soil analysis**. 2. ed. Madison: American Society of Agronomy, 1986. p. 363-375. v.1.
- CARVALHO FILHO, A. de; CARDOSO, E.L.; NAIME, U.J.; MOTTA, P.E.F. da; OLIVEIRA, H. de; BRANCO, O.D.; SANTOS, R. D. dos. Solos como fator de diferenciação fitofisionômica na sub-região da Nhecolândia - Pantanal Mato-Grossense. In: SIMPÓSIO SOBRE RECURSOS NATURAIS E SÓCIO-ECONÔMICOS DO PANTANAL, 3., 2000, Corumbá. **Anais...** Manejo e Conservação. Corumbá: Embrapa Pantanal, 2000. p. 59-60.
- CAVENAGE, A.; MORES, K.L.T.; ALVES, M.C.; CARVALHO, M.A.C; FREITAS, M.L.M; BUZETTI, S. Alterações nas propriedades físicas de um Latossolo Vermelho Distrófico típico sob diferentes culturas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v.23, n.4, p.997-1003, 1999.
- CLAESSEN, M. E. C. (Org.). **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. rev. atual. Rio de Janeiro: EMBRAPA-CNPS, 1997. 212 p. (EMBRAPA-CNPS. Documentos, 1).
- COMASTRI FILHO, J. A. **Pastagens nativas e cultivadas no Pantanal Mato-Grossense**. Corumbá: EMBRAPA-UEPAE Corumbá, 1984. 48 p. (EMBRAPA-UEPAE Corumbá. Circular Técnica, 13).
- FERREIRA, D.F. Análises estatísticas por meio do SISVAR (Sistema para análise de variância) para Windows versão 4.0. In: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO DA BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 45., São Carlos, 2000. **Anais...** São Carlos: Universidade Federal de São Carlos, 2000. p.255-258.
- FERREIRA, M. M.; DIAS JUNIOR, M. de S. **Física do solo**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2001. 117p.
- GRANT, C.A.; LANFOND, G.O. The effects of tillage systems and crop sequences on soil bulk density and penetration resistance on a clay soil in Southern Saskatchewan. **Canadian Journal of Soil Science**, Ottawa, v.73, n.2, p.223-232, may 1993.
- KIEHL, E. J. **Manual de Edafologia**. São Paulo: Editora Agronômica Ceres, 1979. 264p.
- MACIEL NETTO, A. M.; ANTONINO, A.C.D.; AUDRY, P.; CARNEIRO, C.J.G.; DALL'OLIO, A. Condutividade hidráulica não saturada de um podzólico amarelo da Zona da Mata Norte de Pernambuco. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.35, n.6, p.1221-1228, jun. 2000.
- OLIVEIRA, T. S.; COSTA, L. M.; FIGUEIREDO, M. S.; REGAZZI, A. J. Efeitos dos ciclos de umedecimento e secagem sobre a estabilidade de agregados em água de quatro latossolos Brasileiros. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 20, p. 509-515, 1996.
- POTT, A. **Pastagens no Pantanal**. Corumbá: EMBRAPA-CPAP, 1988. 58 p. (EMBRAPA-CPAP. Documentos, 7).
- REICHARDT, K. **Processos de transferência no sistema solo-planta-atmosfera**. Campinas: Fundação Cargill, 1985. 445p.

RESENDE, E. K. **Pulso de inundação**: processo ecológico essencial à vida no Pantanal. Corumbá: Embrapa Pantanal, 2008. 16 p. (Documentos. Embrapa Pantanal, 94).

SANTOS, S. A. **Caracterização dos recursos forrageiros nativos da sub-região da Nhecolândia, Pantanal, Mato-Grosso do Sul, Brasil**. 2001. 190 p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia Campus de Botucatu, Universidade Estadual Paulista, Botucatu.

SANTOS, H. G. dos; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. dos; OLIVEIRA, V. A. de; OLIVEIRA, J. B. de; COELHO, M. R.; LUMBRERAS, J. F.; CUNHA, T. J. F. (Ed.). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306 p. il. Inclui apêndices.

SILVA, T. C. da. Contribuição da geomorfologia para o conhecimento e valorização do Pantanal. In: SIMPÓSIO SOBRE RECURSOS NATURAIS E SÓCIO-ECONÔMICOS DO PANTANAL, 1., 1984, Corumbá. **Anais...** Brasília: EMBRAPA-DDT, 1986. p. 77-90. (EMBRAPA-CPAP. Documentos, 5).

SOIL SURVEY DIVISION STAFF. **Soil survey manual**. Washington: USDA, 1993. 437p. (USDA. Handbook, 18).

STOLF, R. Teoria e teste experimental de fórmulas de transformação dos dados de penetrômetro de impacto em resistência à penetração. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.15, p.229-235, 1991.

STOLF, R.; FERNANDES, J.; FURLANI NETO, V. **Recomendação para uso do penetrômetro de impacto modelo IAA/PLANALSUCAR-Stolf**. Piracicaba: IAA/PLANALSUCAR, 1983. 8p. (Penetrômetro de Impacto. Boletim, 1).

TAYLOR, S.A.; ASHCROFT, G.L. **Physical edaphology**: the physics of irrigated on nonirrigated soils. San Francisco: W. H. Freeman, 1972. 532p.



Pantanal